

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
“КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ ІМ. ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО ”
Факультет електроніки
Кафедра мікроелектроніки

"На правах рукопису"
УДК _____

«До захисту допущено»
Завідувач кафедри

_____ О.В. Борисов
“ ” _____ 20__ р.

Магістерська дисертація

зі спеціальності 153 мікро- та наносистемна техніка

на тему «Кремнієвий фотовольтаїчний перетворювач сонячної енергії на основі фталоціаніну кобальту»

Виконав: студент VI курсу, групи ДП-62М

Кузнєцова Дар'я Андріївна
(прізвище, ім'я, по батькові)

_____ (підпис)

Науковий керівник доц., к. т. н. Іващук А. В.

(посада, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали)

_____ (підпис)

Консультант

_____ (назва розділу)

с. н. с. Смертенко П. С.

(вчені ступінь та звання, прізвище, ініціали)

_____ (підпис)

Рецензент

_____ (посада, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали)

_____ (підпис)

Засвідчую, що у цій магістерській дисертації
немає запозичень з праць інших авторів без
відповідних посилань.

Студент _____
(підпис)

Київ - 2018року

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка до дипломної роботи «Кремнієвий фотовольтаїчний перетворювач сонячної енергії на основі фталоціаніну кобальту», 63 сторінки, 34 ілюстрації, 4 таблиці, 43 посилання

Об'єкт дослідження – органічно-неорганічна гібридна структура на мікропрофільованому кремнії з органічним шаром фталоціаніну кобальту.

Мета роботи: обрати технологію виготовлення та провести процес отримання гібридної структури фталоціанін кобальту – мікропрофільований кремній *n*-типу, дослідити час впливу осадження органічного шару на вольт-амперні характеристики та морфологію поверхні гібриду, який використано для створення перетворювача сонячної енергії.

Методи дослідження: оптична мікроскопія, скануюча електронна мікроскопія, фотовольтаїчна характеристика при енергетичній освітлюваності 0,03 Сонця.

Анотація. Розглянуто різні види органічних сонячних елементів. Обрано та досліджено лабораторний зразок органічно-неорганічного гібриду, який отримано осадженням фталоціаніну кобальту на мікропрофільований кремній при кімнатній температурі з хімічної ванни. Отримані результати подані у вигляді світлових та темнових вольт-амперних характеристик. Знайдено тенденцію появи органічного шару у вигляді сітки, що з'єднує верхівки пірамідок підкладинки. В результаті виявлено, що оптимальний час утворення органічного шару є 60-80 хвилин витримки у хімічній ванні. ККД отриманих гібридів сягає 3,0 % при 0,03 сонця.

Ключові слова: гібридна структура, сонячний елемент, ККД, кремній, фталоціанін кобальту.

Abstract. Different types of organic solar cells are considered. Laboratory sample of organic-inorganic hybrid was choosed and studied. The hynrid was obtained by deposition of cobalt phtalocianine on microprofiled *n*-type silicon at room temperature from chemical bath. The results presented in the form of dark and light current-voltage characteristics. The tendency of the grid creation which connects the tops of pyramids substrate. As the result the best time of the organic layer formation was determined. It is 60-80 minutes of exposure to the chemical bath. Energy conversion efficiency of created hybrid was about 3 % at 0.03 sun.

Key words : hybrid structure, solar cell, Energy conversion efficiency, silicon, cobalt phthalocyanine .

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ, ОДИНИЦЬ, СКОРОЧЕНЬ І ТЕРМІНІВ	5
ВСТУП	7
1. ОРГАНІЧНІ СОНЯЧНІ ЕЛЕМЕНТИ	9
1.1. Принципи роботи органічних фотоелементів	10
1.1. Приклади використання фталоціанінів	13
1.2. Обґрунтування вибору метеріалів	15
1.3.1. Органічний матеріал	16
1.3.2. Підкладка. Технологія виготовлення	18
2. ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ СТВОРЕННЯ ОРГАНІЧНО-НЕОРГАНІЧНОГО ГІБРИДУ	20
2.1. Зразки групи А. Результати дослідження	20
2.1.1. Технологія виготовлення зразків органічно-неорганічних гібридів	21
2.1.2. Морфологія отриманих зразків	22
2.1.3. Вольт-амперні характеристики зразків	25
2.2. Вдосконалення технології виготовлення гібриду. Зразки групи В	32
2.2.1. Вольт – амперні характеристики	32
2.3. Група зразків С	35
2.3.1. Вольт – амперні характеристики	35
3. РОЗРОБЛЕННЯ СТАРТАП-ПРОЕКТУ	39
3.1. Опис ідеї проекту	40
3.2. Технологічний аудит ідеї проекту	42
3.3. Аналіз ринкових можливостей запуску стартап-проекту	43
3.4. Розроблення ринкової стратегії проекту	48
3.5. Розроблення маркетингової програми стартап-проекту	50
Висновки	52
ВИСНОВКИ	53
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ ТА ЛІТЕРАТУРИ	54

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ, ОДИНИЦЬ, СКОРОЧЕНЬ І ТЕРМІНІВ

ВАХ – вольт – амперна характеристика;
ВЗМО – вища зайнята молекулярна орбіталь;
ККД – коефіцієнт корисної дії;
НВМО – нижчі вакантні молекулярні орбіта лі;
СЕ – сонячний елемент;
СФЕ – сонячний фотоелемент;
ФЕ – фотоелемент;
EFF- енергоефективність;
 D_n – коефіцієнт дифузії електронів;
 D_p – коефіцієнт дифузії дірок;
СоРс - фталоціанін кобальту
 E_g – ширина забороненої зони;
 e^- – електрон;
 h^+ – дірка;
 I_L – струм постійного джерела;
 I_S – струм насичення;
 I_m – максимальний струм;
 $I_{кз}$ – струм короткого замикання;
 J_S – густина струму;
 k – стала Больцмана;
 N_A – концентрація акцепторів;
 N_C – ефективна густина станів в зоні провідності;
 N_D – концентрація донорів;
 N_V – ефективна густина станів в зоні валентності;
 P_{max} – максимальна вихідна потужність;
 q – заряд електрону;
 R_L – навантажуючий опір;
 T – температура;
 U_m – максимальна напруга;

U_{xx} – напруга холостого ходу;

τ_n – час життя електронів;

τ_p – час життя дірок.

ВСТУП

XXI століття стало віком інформації, про що свідчить значний розвиток обчислювальної техніки, персональних мобільних пристроїв, різноманітних методів та систем оперативної обробки даних, телекомунікацій та мережевих інформаційних технологій в середовищі Internet.

Також прогнози експертів світового ринку щодо щорічного збільшення на 10-15% споживання енергоресурсів в сукупності із значним подорожанням вартості енергоресурсів свідчать і про те, що XXI-ше століття стає епохою енергозбереження та енергоощадних технологій, що дозволяють не тільки заощаджувати природні ресурси і забезпечувати енергетичну автономність і стабільність, але й також дозволяють значно зменшити негативний вплив індустріалізації на навколишнє середовище і його екосистеми. Підходячи до межі вичерпання природних енергетичних ресурсів людство стало замислюватись над використанням відновлювальних джерел енергії з метою забезпечення стабільності розвитку світової економіки та уникнення енергетичної кризи, прогнозованої у найближчі 50-70 років, коли природні запаси вуглеводів в світі закінчаться.

Одним із перспективних напрямів відновлювальних джерел енергії, що в останні роки дуже активно впроваджуються у світову промисловість та побут – є сонячна енергетика .

На значення перетворення сонячної енергії вперше звернув увагу на початку 70-х років минулого століття нобелівський лауреат з хімії, академік М.М. Семенов. За зробленими їм оцінками, річне вироблення енергії електростанцій потужністю 1 ГВт міститься в сонячній енергії, що падає на квадрат зі стороною 3 км на широті Москви і 2,3 км - в Середній Азії. Розрахунки показали , що в 1980 р. річне вироблення електроенергії в СРСР - 1360 млрд. кВт* год. при 20% -вої ефективності перетворення сонячної енергії в електричну (к.к.д.), могла б у Середній Азії збиратися з площі 64,7464,7 км². Для порівняння: площа, займана в США дорогами з твердим покриттям в 1972 р (протяжність - 6 млн. км) перевищує площу квадрата зі

стороною 150 км. Таким чином, ясно, що потенційні можливості сонячної енергетики вельми високі, не кажучи вже про її екологічної чистоті.

Використання фотоелементів має ряд незаперечних переваг. До них відносяться: а) пряме перетворення енергії світлових квантів в електричну енергію; б) різноманітність елементної бази для створення сонячних фотоелементів (СФЕ); в) відпрацьовані технології і можливість створення модульних систем різної потужності; г) можливість використання концентрованого (до 1-2 тисяч раз!) сонячного випромінювання і ряд інших. Граничний теоретичний К.К.Д. для СФЕ, який визначається тільки термодинамічними втратами, може досягати 85%, а для реальних систем цілком досяжні значення в 45-55% . Наприклад, тандемні та багатокаскадні СФЕ на основі сполук типу $A^{III}B^V$ (арсенід галію, системи AlGaAs, AlGaInAs і ін.) вже мають к.к.д. більш 40% .

Відносні недоліки методу пов'язані з високою собівартістю СФЕ і енергетичних станцій на їх основі і високою токсичністю виробництва матеріалів для фотоелементів («сонячного» кремнію, напівпровідники, що містять кадмій, миш'як, селен, телур і т.д.).

Слід зазначити, що в останні роки намітилися шляхи подолання цих недоліків, пов'язані з використанням користуванням нових технологій, в тому числі нанотехнологій, нових напівпровідникових органічних матеріалів і принципово нових конструкцій гетеро-перехідних СФЕ з використанням квантових точок, квантових дротів і т.д.

1. ОРГАНІЧНІ СОНЯЧНІ ЕЛЕМЕНТИ

Фотоелектронні властивості різних тонких органічних плівок на металевих та напівпровідникових підкладках є предметом ретельних досліджень, що обумовлено широкими можливостями їх застосування в якості структурних елементів фотовольтаїчних комірок, світловипромінювальних та фотодіодів [8-11].

Фотовольтаїчні ефекти були досліджені для ряду органічних плівок на поверхні напівпровідників і показано їх зв'язок зі специфікою інтерфейсного потенційного бар'єру, який формується при взаємодії органічних молекул з поверхнею напівпровідника і міжмолекулярних інтерфейсів [11-15].

Вимірювання потенціалу поверхні дозволяє вивчати фотовольтаїчні явища в тонкоплівкових органічних структурах. Одним з експериментальних підходів до дослідження потенційного бар'єру в приповерхневій області є використання методики відбивання від поверхні тестувального пучка повільних електронів (very low energy electron diffraction, VLEED), яку можна реалізувати в режимі спектроскопії повного струму (СПС) [16-17].

Останнім часом приділяється велика увага модифікації властивостей поверхні твердих тіл тонкими органічними покриттями [18,19]. В органічні молекули в складі напівпровідникових органічних покриттів можливо вводити поляризуючі замінники, які певним чином впливають на електронні властивості органічного матеріалу [20-24]. Наприклад, введення електрон-притягуючих замінників: -F, -CN, -N - призводить до зниження енергетичного положення рівнів (стабілізації рівнів), досягаючих 1 eV [18,20,21]. При цьому характерно, що більш високі рівні зміщуються сильніше низьколежачих, а це призводить до зменшення ширини забороненої зони при введенні електрон-притягуючого замінника в органічний напівпровідник [20].

Серед цих органічних речовин є безметалеві (H_2Pc) та заміщені металом фталоціаніни ($MPcs$), такі як $PbPc$ [24], $FePc$ [25], $MgPc$ [26], $ZnPc$ [27] і $CoPc$ [28]. Ці матеріали, як правило, є р-типу напівпровідниками і

можуть легко сублімуватися, що приводить до чистих тонких плівок без розкладання [29]. Вони використовуються як газові датчики [30] для оптичних записуючих матеріалів [31], випрямляючі [32] та фотоелектричні пристрої [33].

1.1. Принципи роботи органічних фотоелементів

Характерною особливістю органічних напівпровідників є низька ефективність генерації вільних зарядів при поглинанні кванта світла, тому що нижчими збудженими електронними станами в органічних напівпровідниках виступають екситони - зв'язані стани електронів і дірок. Тому для генерації вільних зарядів необхідна додаткова енергія на дисоціацію екситонів E_b (енергія зв'язку), яка знаходиться в діапазоні 0,2-1 еВ для різних органічних напівпровідників. Ефективної генерації зарядів за рахунок дисоціації екситонів можна досягти на межі поділу двох органічних напівпровідників (гетеропереході), що виконують функції донора та акцептора (рис.1.1). Якщо екситон збуджується у донорному напівпровіднику і різниця енергій нижчих вакантних молекулярних орбіталей (НВМО) донора та акцептора перевищує енергію зв'язку екситону ($E_D(\text{НВМО}) - E_A(\text{НВМО}) > E_b$), то він з високою ймовірністю буде дисоціювати на вільні заряди e^- і h^+ , у результаті чого електрон e^- виявиться на донорі, а дірка h^+ - на акцепторі. Потім розділені заряди повинні рухатися до відповідних електродів (Рис. 1.1).

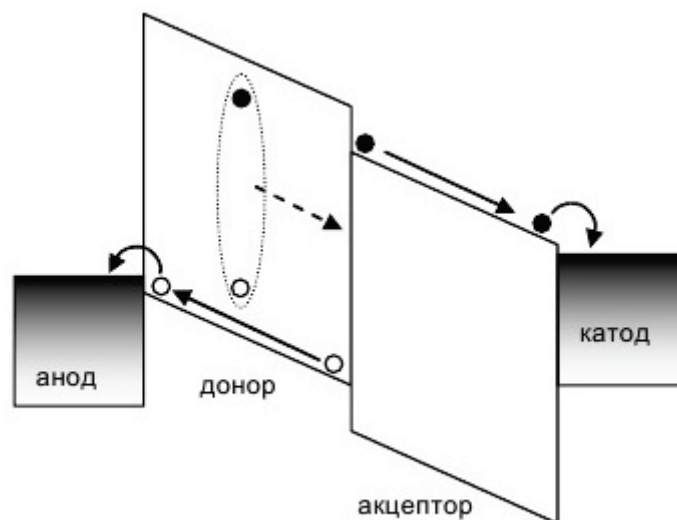


Рисунок. 1.1. Схема фотоелемента на основі планарного гетеропереходу[4]

Використовуючи цей принцип планарного гетеропереходу, Танг в 1986 р продемонстрував двошаровий органічний фотоелемент на основі фталоціаніна і похідною периленів з ККД близько 1% .(15. Tang C.W. Appl. Phys. Lett., 1986, v. 48, № 2, p. 183—185.)

Відзначимо, що напруга холостого ходу V_{xx} органічних сонячних ФЕ залежить від різниці енергетичних рівнів $E_A(\text{НВМО})$ та $E_D(\text{ВЗМО})$ і не може перевищувати її: $eV_{xx} \leq E_A(\text{НВМО}) - E_D(\text{ВЗМО})$, де e - заряд електрона, ВЗМО - вища зайнята молекулярна орбіталь. Тому сильна нерівність $E_A(\text{НВМО}) - E_D(\text{ВЗМО}) \gg E_b$ призведе до відповідного зменшення V_{xx} .

Разом з тим, характерна відстань, яку проходить екситон за час його життя, тобто довжина дифузії, в органічних плівках зазвичай близько 10 нм. В результаті досягають контакту донор-акцептор тільки екситони, які розпадаються у його безпосередній близькості.

Отже, внесок у фотострум можуть дати тільки фотони, які поглинаються на характерній довжині дифузії екситонів поблизу межі поділу гетеропереходу. На рис. 1.6 екситон, який обведеною пунктиром, фотозбуджений у фазі донора та дифундує до межі донор-акцептор (штрихована стрілка), дисоціює там на пару електрон (●) і дірка (○), які рухаються до відповідних електродів. З огляду на те, що характерна довжина поглинання в органічних матеріалах близько 100 нм, видно, що в двошарових

фотоелементах тільки мала частина (менше 10%) фотонів, які поглинаються, може дати внесок у фотострум.

А. Хігеру зі співавтором у 1994 р вдалося за допомогою концепції об'ємного гетеропереходу, запропонованої для полімер-фулеренових ФЕ, подолати обмеження на ККД органічних СФЕ, пов'язане з малою довжиною дифузії екситонів.

Схема об'ємного гетеропереходу показана на рис.1.2 а, а його упорядкованого варіанту на рис.1.2 б.

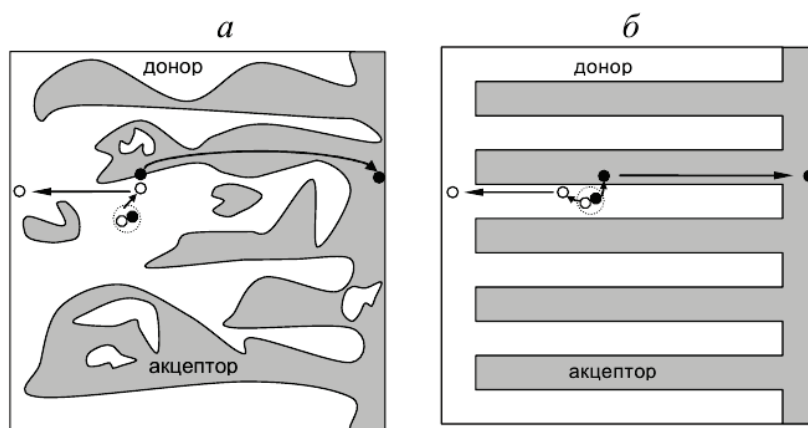


Рисунок.1.2. Об'ємний гетероперехід (а) та упорядкований об'ємний гетероперехід (б)[4]

Ідея об'ємного гетеропереходу полягає в поширенні кордону донор-акцептор по всьому об'єму робочого шару таким чином, щоб екситон, збуджений в будь-якій точці об'єму гетеропереходу, міг досягти межі поділу напівпровідників і дисоціювати на вільні заряди. При цьому електрони повинні мати можливість рухатися по фазі (молекулам) акцептора до катода фотоелемента, а дірки - по фазі донора до анода. Як видно з рис.1.2., тільки в упорядкованому гетеропереході (рис. 1.2 б) всі фотогенеруючі заряди можуть досягти електродів, тоді як у неврегульованому гетеропереході (рис.1.2а) помітна частка зарядів може бути ізольованою від відповідних електродів, тобто не всі дірки (електрони) можуть досягти анода (катода).

Вважають, що необхідна величина рухливості зарядів повинна бути не менше $10^{-3}-10^{-4} \text{ см}^2 / \text{В}\cdot\text{с}$. Причому, електронна рухливість матеріалу акцептора і діркова рухливість матеріалу донора повинні бути близькі. У разі сильної їх відмінності в робочому шарі ФЕ буде накопичуватися

просторовий заряд, що обмежує ефективність збору носіїв заряду на електродах. Для ефективного збору фотоіндукованих зарядів рівні Фермі електродів СФЕ повинні бути узгоджені з транспортними енергетичними рівнями дірок і електронів таким чином, щоб катод (анод) утворював омічний контакт з матеріалом акцептора (донора) (рис. 1.1). У найпростішому випадку рівень Фермі електрода, що збирає дірки (анода), повинен збігатися з ВЗМО матеріалу донора, а рівень Фермі електрода, що збирає електрони (катода) - з НВМО акцептора. Зазвичай омічний контакт утворюється при різниці рівня Фермі і енергії відповідної граничної орбіталі менше 0,3 еВ.

Таким чином, для ефективної роботи органічного СФЕ необхідно: сильне поглинання світла робочим шаром, оптимальна різниця енергетичних рівнів НВМО (ВЗМО) донора і акцептора, достатня рухливість електронів (дірок) в фазі акцептора (донора) і омічні контакти акцептора (донора) з катодом (анодом) [4].

1.1. Приклади використання фталоціанінів

Досліджено результат нанесення плівок фталоціанінів на Si-електроди n-типу у водному окисно-відновному розчині [34]. Електроди n-типу Si, покриті вакуумним осадженням CoPc або CuPc, були стабільними, що свідчить про повільне затухання фотоструму та високий фотоелектричний рівень порівняно з Schottky Au / n-Si [35]. Результати електричних властивостей CuPc / p-Si, отримані Антоєм та співавт. [36] пояснюються моделлю транспортування заряду, в якій транспорт заряду обмежується термоелектронним випромінюванням при низьких щільностях струму. Висока стійкість і відтворюваність електричних властивостей гетеропереходу CuPc / p-Si, що спостерігаються тими самими авторами, свідчать про те, що ці матеріали мають багато корисних застосувань.

Ефект покриття фарбника фталоціаніном хлоралюмію, AlPcCl / n-Si, був досліджений Янагі та співавт. [37]. Вони виявили, що морфологія та товщина осаджених AlPcCl, які контролюються зміною температури

підкладки n-Si, відіграють важливу роль у збільшенні фотоелектричної ефективності елементів Au / AlPcCl / n-Si . Поверхневі вольт-амперні характеристики сполук CuPc / Si, PbTe / CuPc / Si вивчені у темряві та при освітленні вченими Лі і Каваї [34]. Вони виявили, що сполука PbTe / CuPc / Si демонстрували сильну фотоелектричну реакцію з квантовою ефективністю 15,4% та коефіцієнтом перетворення енергії 0,035%. Вони прийшли до висновку, що фотоструму створюють у шарі CuPc, а носії розділяються крутим нахилом потенціалу поблизу інтерфейсу CuPc / PbTe. Багатошаровий шар CuPc / PbTe показав великий ефект фотопровідності у напрямку в площині. Гетероперехідні пристрої p-MgPc / n-Si, вивчені Рейдом [38] у темряві та під освітленням показали, що ці сполуки демонструють випрямляючі та сильні фотоелектричні характеристики з ефективністю перетворення енергії 1,05%. Ван та ін. [39] зробив висновок, що на параметри сполук, такі як коефіцієнт випрямлення, RR, щільність струму насичення, J_s та коефіцієнт ідеальності n, сильно впливають домішки, товщина та температура підготовки поліпіррольного шару для гетероструктури металлофталокіанін / пірролн / кремній. Сонячні елементи p-n типу, що складаються з CuPc та периленових пігментів, вивчені Ху і Мацумурою [40], показали більш міцну структуру та залежність від товщини. Прилади зі структурою ITO / CuPc / PV / Ag демонструють кращі властивості, ніж прилади з структурою ITO / PV / CuPc / Au. Крім того, фотопоглинання поблизу p-n -переходу визначає всі властивості сонячних елементів, що є активним центром приладів. Дарвіш та співавт. [41] вивчали фотоелектричні властивості гетеропереходів ZnSe / H₂Pc, нанесені на субстрати монокристалів InP. Вони виявили, що з'єднання n-ZnSe / p-H₂Pc / p-InP дали більш сильні фотоелектричні характеристики, ніж ті, що мають зв'язки p-H₂Pc / p-InP та ZnSe / p-InP, що може бути пов'язане з ефективним поглинанням світла шаром H₂Pc та ефективним розділенням заряду на інтерфейсі H₂Pc / ZnSe.

1.2. Обґрунтування вибору метеріалів

Недавно був розроблений і викликав великий інтерес новий клас структур, оснований як на органічних так і неорганічних матеріалах, а саме гібридні органічні-неорганічні сонячні елементи. Вони успішно поєднують переваги неорганічних сполук, як наприклад широкий діапазон поглинання світла, ефективний транспорт носіїв зарядів, міцність, твердість, термостабільність, з перевагами органічних полімерних матеріалів, як наприклад, дешевизна, пластичність, гнучкість, легкість хімічної модифікації, можливість формування з розчинів.

Очікується, що ці гібридні органічні-неорганічні структури будуть конкурентні з комерційними приладами, за умови забезпечення достатніх енергетичної ефективності (~10%) і терміну служби (~10 років), що будуть досягнуті у великому масштабі і при низькій собівартості.

Для отримання гібридних органічних-неорганічних структур використовуються весь спектр методів напівпровідникової електроніки: від вакуумних до нанесення розчинів органічних матеріалів за допомогою спеціальних центрифуг. Останнім часом почали розробку лазерних методів нанесення органічних сполук.

Але щоб сонячні елементи (СЕ) пов'язані з органікою виконали свою місію необхідно наступне:

- оптимізація енергетичного зазору медіуму, що поглинає світ сонячного спектру. Зараз використовується тільки його третина;
- поглиблення розуміння інтерфейсу, де відбувається дісоціація екситону і вміння зробити його ефективним під цю мету;
- вивчення транспорту носіїв при екситонному характері поглинання світла;
- вивчення зв'язку морфологічних особливостей дисперсних гетероструктур з енергоефективністю (EFF) сонячних елементів;
- вивчення факторів деградації;
- оптимізація впливу компонентів , їх складу, структурної досконалості на EFF сонячних елементів;

- прийняти до уваги економічний фактор – тонко плівкова технологія та ціна матеріалів активних компонентів це тільки частина ціни СЕ. Крім того існує підкладка (скло, кварц, пластик) з напівпрозорим провідним матеріалом, контакти з інших металів, а також необхідність капсулізації. Тільки СЕ з EFF $\approx 10\%$ можна вважати першим вирішенням проблеми “другої генерації” СЕ.

1.3.1. Органічний матеріал

Багато дослідницьких зусиль, спрямованих на підвищення ефективності перетворення сонячної енергії сонячними елементами сенсibilізованими барвником (DSSC) [7], у даний час направлені на розробку оптимізованих світлових збирачів, здатних експлуатувати весь спектр сонячного світла, у тому числі, інфрачервону частину, втрачену в нинішній кремнійовій технології PV, щоб в кінцевому підсумку отримати так звану панхроматичну сенсibilізацію. Також проводяться дослідження з різних точок зору, що охоплюють розуміння основних фундаментальних явищ для оцінки життєвого циклу і економічної ефективності цих пристроїв, але особлива увага приділяється розробці нових фотосенсibilізаторів, які могли б забезпечити оптимальні фотоелектричні параметри і прийнятний термін служби DSSCs [6]. Сенсibilізатори на основі рутенію зіграли помітну роль в ранніх розробках DSSC і все ще широко використовуються, але вони показують тільки помірну здатність до збору світла, особливо в червоних / ближніх ІЧ-спектральних областях сонячного випромінювання [5]. В цьому відношенні інші сімейства барвників, такі, як похідні фталоціаніну [3], показали кращі перспективи, особливо з урахуванням архітектурної інтеграції DSSC в енергоефективних будівлях. Дійсно, фталоціаніни (Pcs) є термічно, фотохімічно і електрохімічно стабільними з'єднаннями з безпрецедентною здатністю до поглинання світла у далекому червоному та ближньому ІЧ-спектральних областях, де відбувається значне випромінювання сонячної потужності. Ці специфічні властивості можуть бути точно відрегульовані відносно простими синтетичними модифікаціями [4]. Електронний спектр

поглинання Pcs показує дві основні смуги при 300-400 нм (смуга В) і 620-700 нм (Q-смуга з коефіцієнтами екстинкції близько $10^5 \text{ M}^{-1} \text{ cm}^{-1}$). Ці смуги можуть бути зрушені або розширені в залежності від присутності і природи замінників в периферичному і непериферичному положеннях макроциклу. Інші відповідні характеристики, такі, як рівень енергії ВЗМО-НВМО і розподіл електронної щільності, можуть варіюватися відповідно за тієї ж стратегією.

Тому у якості органічного матеріалу було вибрано фталоціанін кобальту (CoPc) (Co α -[α -(5.6 диметил бензинімідазолил)-Co β -кобамицианид, який може бути віднесений до біоматеріалів, оскільки його протеїновий молекулярний комплекс є основою молекул дезонуклеїнової (ДНК) та рибонуклеїнової (РНК) кислот, а його коринове кільце подібне до порфіринового кільця, який є у хлорофілі, гемі та цитохромі. Хімічна формула показана на рис. 1.3.

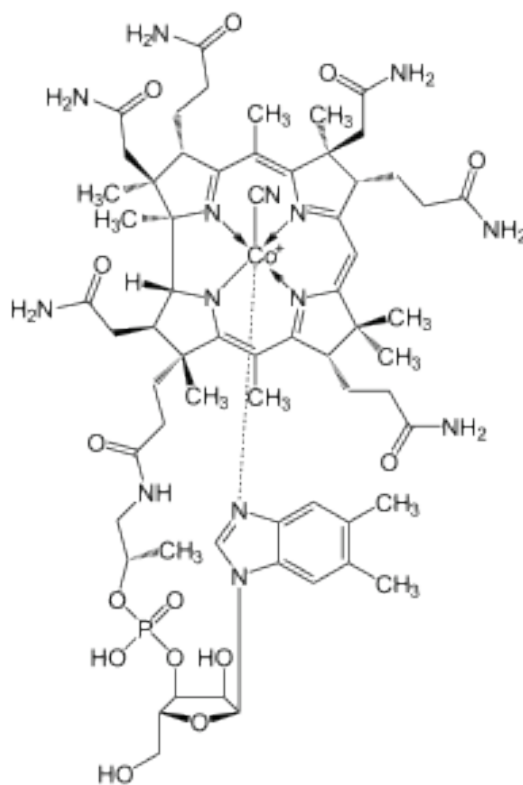


Рисунок 1.3. Молекулярна формула CoPc

1.3.2. Підкладка. Технологія виготовлення

У ході експерименту використовувалась мікропрофільована анізотропно травлена підкладка Si *n*-типу орієнтації [100]. Серед усіх відомих методів модифікації властивостей напівпровідникових матеріалів і утворення не тривіальних фізико-хімічних параметрів хімічні та електрохімічні методи вважаються найбільш простими та універсальними. Морфологія, структура, хімічний склад, розподіл домішок в цих шарах задається морфологією підкладки (терасами, сходинками, зломами, поруватістю і т.д.), способом та режимом утворення цих шарів. В таких умовах особливою перевагою стає можливість конденсації матеріалу при низькій температурі, ще краще при кімнатній. Саме завдяки цим властивостям і були вибрані такі підкладки.

Анізотропне травлення проводилось у лабораторії фотовольтаїчних перетворювачів НТУУ «КПІ ім.Сікорського». Процес травлення проводився у хімічній ванні з розчином КОН.

1.3.2.1. Технологічний маршрут підготовки підкладки

1. Миємо пластину в розчині сірчаної кислоти з пергідролем у відношенні 1:3 при 90°C для того , щоб зняти шар з жорсткою органікою та важкими металами.
2. Промиваємо у деіонізованій воді, далі в 5% плавиковій кислоті протягом 15 сек, і знову промиваємо в деіонізованій воді.
3. Занурюємо пластинку у розчин перекис водню— аміак — вода у відношенні 1:1:4 відповідно протягом 10 хв. при 70°C
4. Промиваємо у деіонізованій воді, далі в 5% плавиковій кислоті протягом 15 сек, і знову промиваємо в деіонізованій воді.
5. Соляна кислота – перекис водню – вода (1:1:4) 70°C
6. Промиваємо у деіонізованій воді 5 – 10 хв, далі в 5% плавиковій кислоті протягом 15 сек, і знову промиваємо в деіонізованій воді.
7. Сушимо пластинку в центрифuzі. Наступний крок – текстурування. Для цього потрібно приготувати розчин: 970 мл. води, 30 г КОН та 70 мл

ізопропілового спирту. Травимо в цьому розчині попередньо змочивши пластини в ізопропиловому спирті протягом 12-15 хв. при температурі 78-84°C.

8. Промиваємо у деіонізованій воді, далі в HCl протягом 60 сек для нейтралізації лугу, і знову промиваємо в деіонізованій воді.

Морфологія анізотропно травленої поверхні кремнію показана на рис. 1.4.

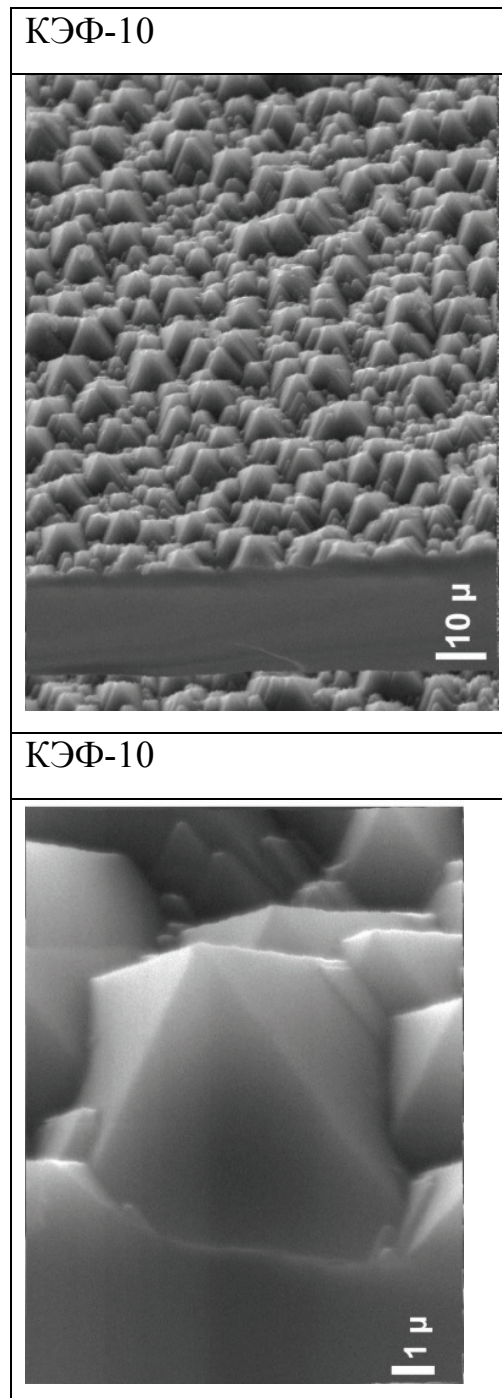


Рисунок 1.4. Фотографія кремнієвої підкладки n-типу КЕФ-10 у скануючому електронному мікроскопі JEOL

2. ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ СТВОРЕННЯ ОРГАНІЧНО-НЕОРГАНІЧНОГО ГІБРИДУ

Мета дипломної роботи полягала в тому, щоб обрати технологію виготовлення та виконати роботу по отриманню гібридної структури органік-кремній, дослідити час впливу осадження органічного шару на вольт-амперні характеристики та морфологію поверхні гібриду, що включає органічний шар фталоціаніну кобальту на текстурованій кремнієвій підкладці *n*-типу та дослідити отримані гібриди у якості перетворювача сонячної енергії.

Для проведення дослідження по створенню перетворювача сонячної енергії на основі гібридів фталоціанін кобальту – кремнієва паттерна підкладка було створено три групи зразків.

Перша група зразків (А) виготовлялась з 3% водного розчину СоРс та подальшого осадження органічного матеріалу з хімічної ванни при кімнатній температурі.

Друга група зразків (В) базувалась на осадженні з 11% водного розчину СоРс, який витримувався при кімнатній температурі протягом 1.5 місяці. Осадження ціанокобаламіну на поверхню текстурованого кремнію відбувалось при 28°C.

Третя група зразків (С) готувалась з 15,8% розчину, який насичувався два тижні. Кремнієві зразки занурювались у розчин при кімнатній температурі.

2.1. Зразки групи А. Результати дослідження

Основною задачею для зразків групи А було відтворення гібридів кремній - СоРс щоб упевнитись про можливість отримання високого Fill-фактору таких сонячних елементів у межах 0,75 – 0,8.

2.1.1. Технологія виготовлення зразків органічно-неорганічних гібридів

Кремнієва підкладка занурювалась у 3 % розчин фталоціаніну кобальту (вітаміну В12) при кімнатній температурі до утворення на її поверхні сітки, як результату сполучення верхівок пірамід органічними нитками.

Послідовність створення зразків органічно-неорганічних гібридів була наступна:

1. Нарізання мікропрофільованої кремнієвої підкладки у вигляді пластинок з розмірами 10 мм*10 мм.
2. Очистка зразків розчином аміак – нашатирний спирт – дистильована вода у відношенні 1:1:3 відповідно.
3. Нанесення хімічно стійкого лаку (ХСЛ) на одну із сторін зразків.
4. Підготовка 3% розчину (1.2 г порошку В12, 40 мл дистильованої води). Фільтрація розчину.
5. Занурювання зразків у підготовлений розчин.
6. Витримка зразків протягом 10 хв, 20хв, 40 хв, 60 хв, 80 хв, 100 хв, 120 хв.
7. Зняття шару ХСЛ.
8. Нанесення на цю ж сторону зразка струмопровідної фарби для створення контакту.
9. Нанесення струмопровідної фарби з іншої сторони (зі сторони де нанесена плівка) у вигляді рамки.

Для дослідження динаміки утворення на поверхні зразків мікропрофільованого кремнію сітки, як результату сполучення верхівок пірамід органічними нитками, зразки витримували у розчині протягом часу від 10 хвилин до 120 хвилин. Таким чином, у результаті підготовки зразків було отримано сім зразків сонячних елементів.

Обладнання. Вимірювання фотовольтаїчних параметрів зразків СЕ, утворених після осадження шару органіки, та структур на Si проводилось на автоматизованій установці при енергетичній освітлюваності 0,03 сонця, 3

мВт/см², 25⁰ С. Морфологія фіксувалась оптичним мікроскопом МП-4 з фотокамерою

2.1.2. Морфологія отриманих зразків

Морфологія отриманих при різному часі осадження органічного шару гібридних структур фталоціанін кобальту-кремній показано на рис. 2.1. – 2.7.

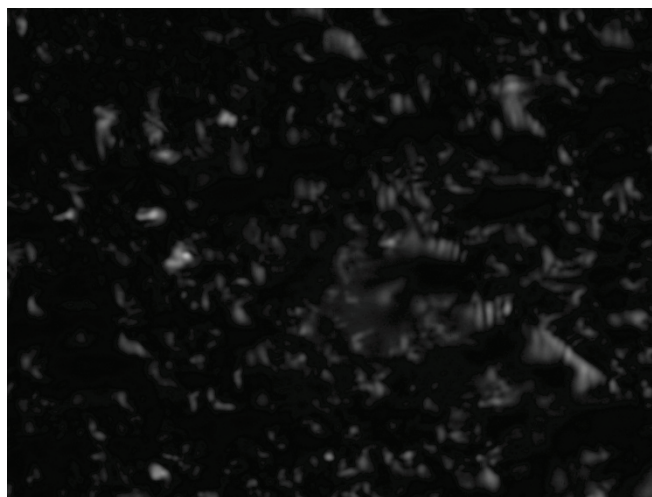


Рисунок 2.1. Морфологія 1-го зразка (10 хв.)

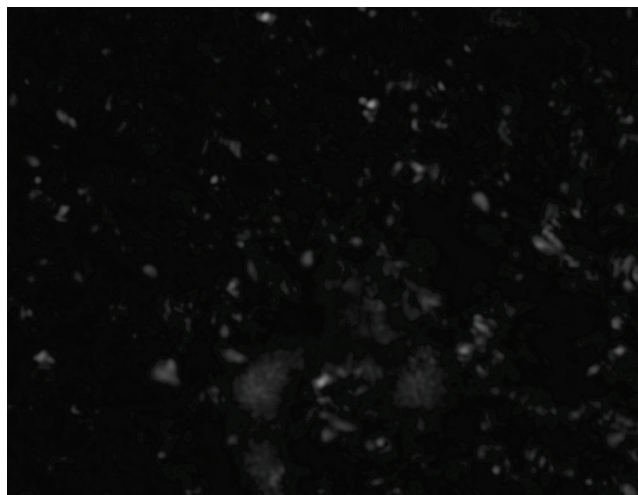


Рисунок 2.2. Морфологія 2-го зразка (20 хв.)

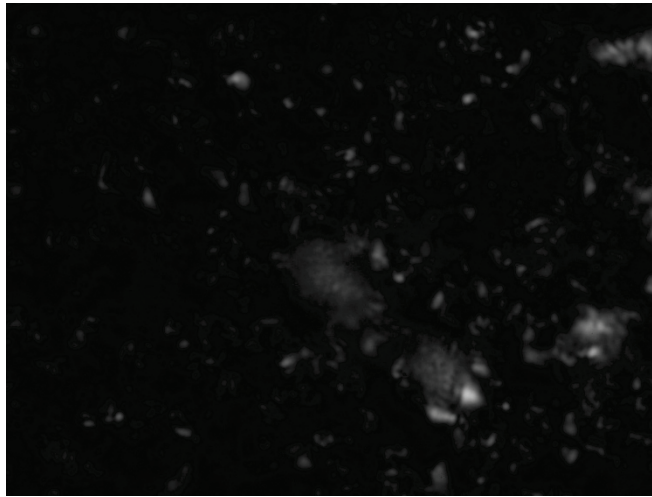


Рисунок 2.3. Морфологія 3-го зразка (40 хв.)

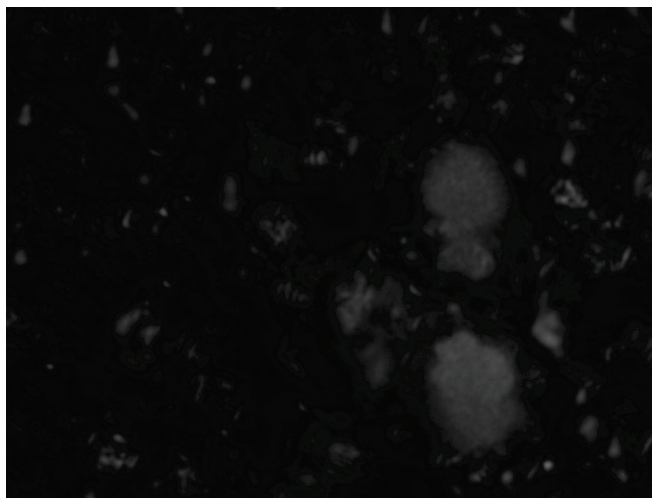


Рисунок 2.4. Морфологія 4-го зразка (60 хв.)

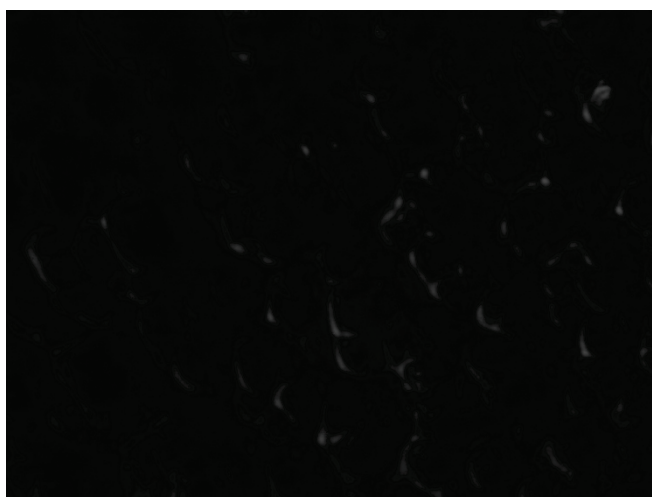


Рисунок 2.5. Морфологія 5-го зразка (80 хв.)

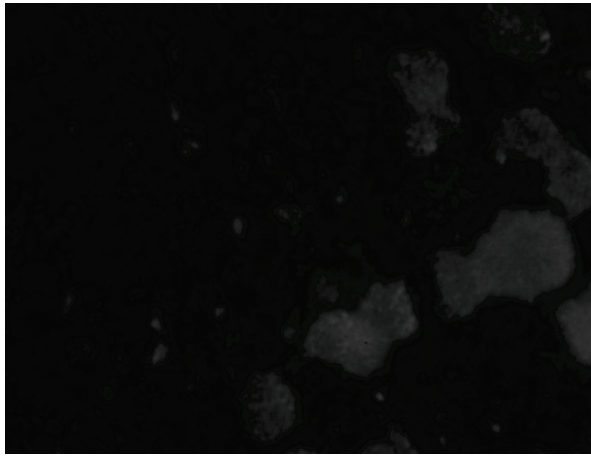


Рисунок 2.6. Морфологія 6-го зразка (100 хв.)

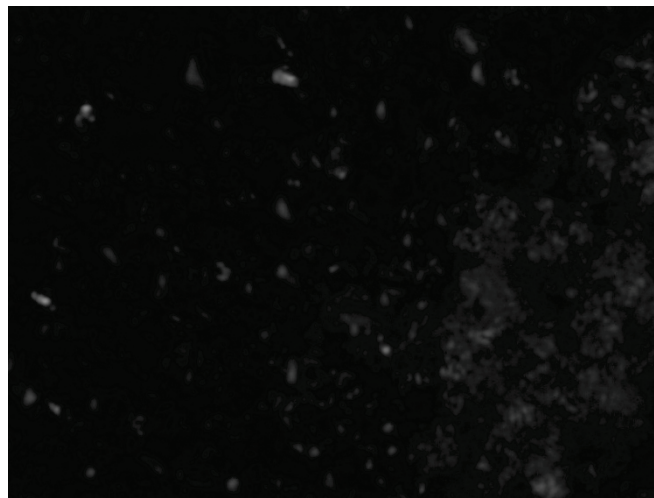


Рисунок 2.7. Морфологія 7-го зразка (120 хв.)

Вже на рис.2.3 (час осадження 10 хв.) видно, як на окремих верхівках пірамід з'являються крапки органічного матеріалу. На рис.2.4 (20 хв.) - 2.6 (60 хв.) видно, що з збільшенням часу осадження кількість та площа цих крапок збільшується і вже на рис. 2.7. (80 хв.) видна сіточка, яка охоплює практично всю поверхню зразка. Проте на рис. 2.8 (100 хв.) на поверхні зразка з'являються явно виражені глобули.

2.1.3. Вольт-амперні характеристики зразків

Світлові та темнові вольт-амперні харатеристики отриманих зразків представлено на рис. 2.8-2.14. Для побудови графіків використовувалась програма OriginLab.

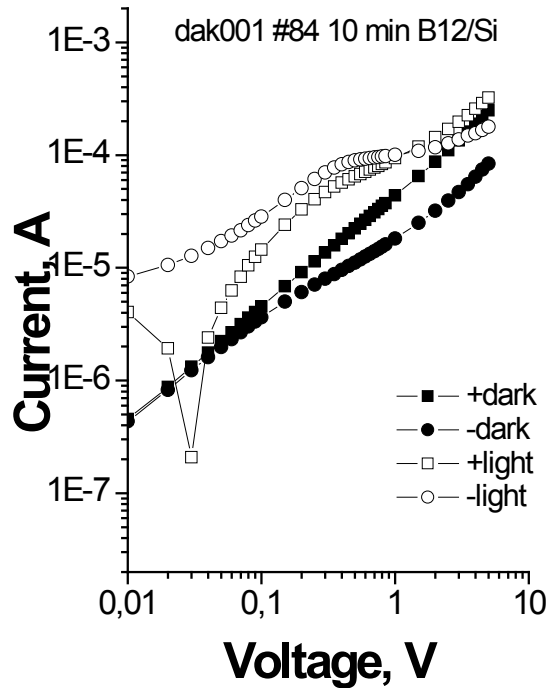


Рисунок 2.8. Світлові та темнові ВАХ зразка №1.

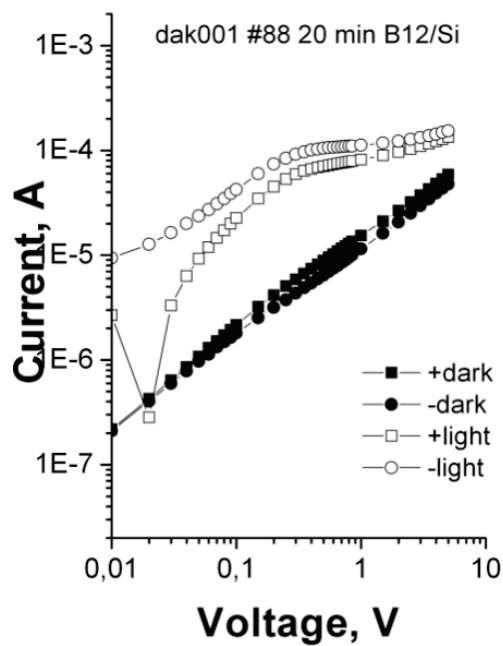


Рисунок 2.9. Світлові та темнові ВАХ зразка №2

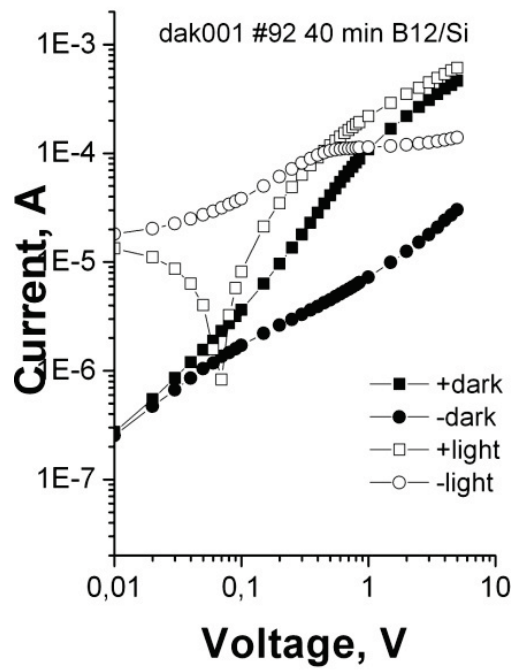


Рисунок 2.10. Світлові та темнові ВАХ зразка №3

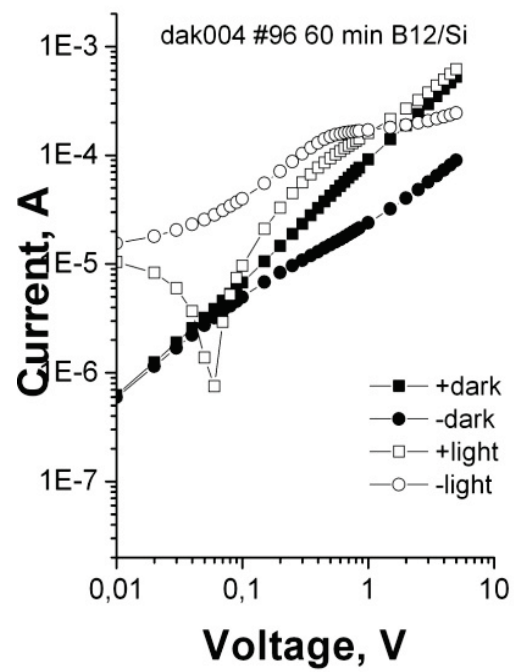
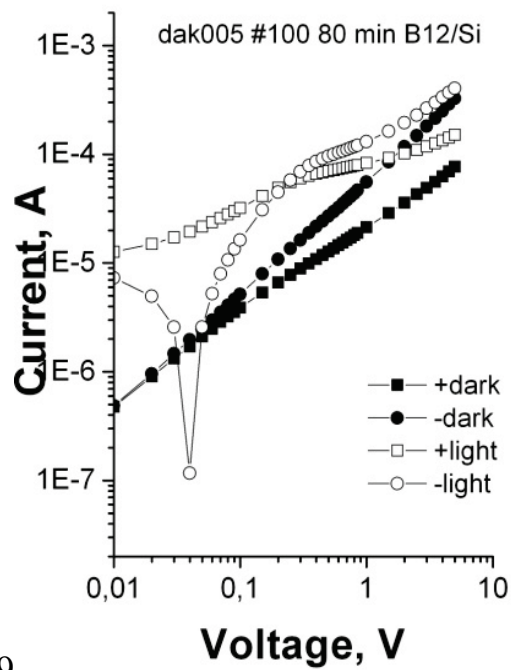


Рисунок 2.11. Світлові та темнові ВАХ зразка №4



9

Рисунок 2.12. Світлові та темнові ВАХ зразка №5

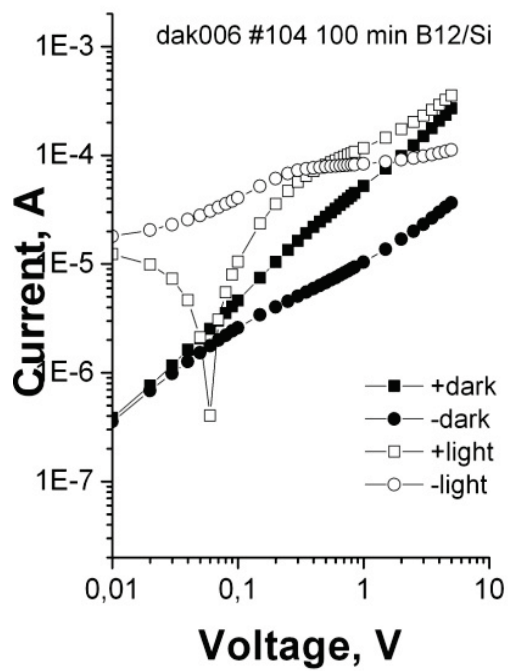


Рисунок 2.13. Світлові та темнові ВАХ зразка №6

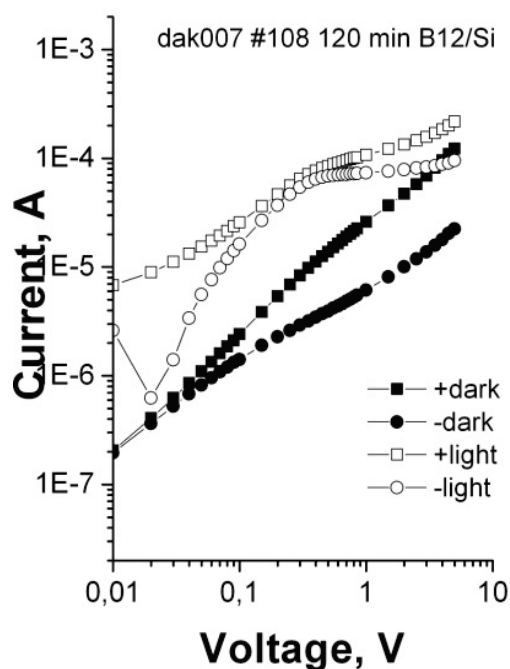


Рисунок 2.14 – Світлові та темнові ВАХ зразка №7

З рис. 2.8 – 2.14 видно, що практично на усіх ВАХ спостерігається фотовольтаїчна область. Для визначення напруги холостого ходу (U_{xx}) та струму короткого замикання (I_{K3}) вольт-амперні характеристики були перебудовані. Фотовольтаїчні області ВАХ отриманих зразків показано на рис. 2.15 – 2.21.

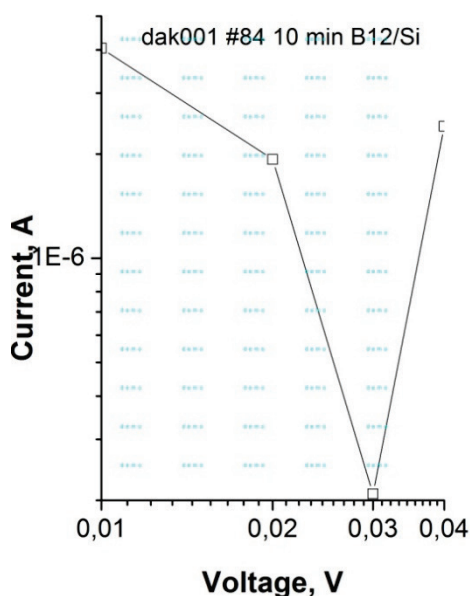


Рисунок 2.15. Фотовольтаїчна область
ВАХ зразка №1

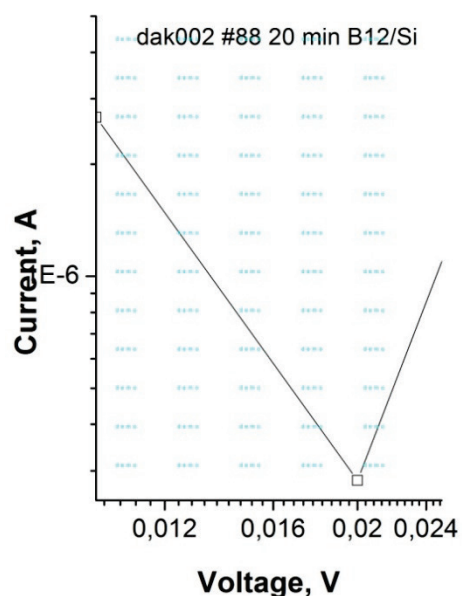


Рисунок 2.16. Фотовольтаїчна
область ВАХ зразка №2

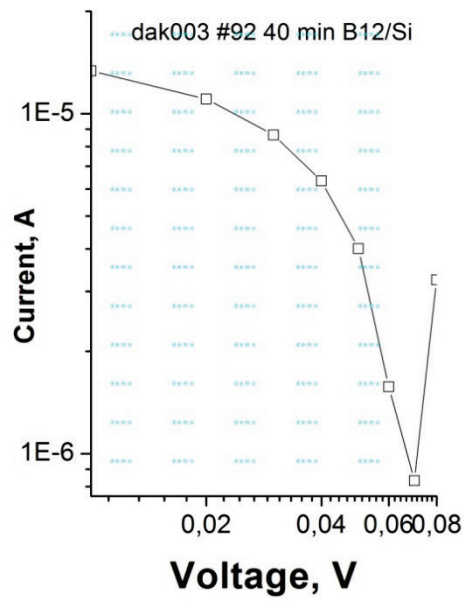


Рисунок 2.17. Фотовольтаїчна область

ВАХ зразка №3

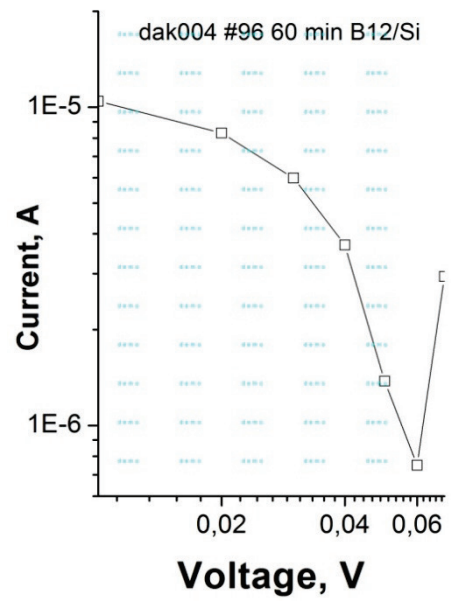


Рисунок 2.18. Фотовольтаїчна область

ВАХ зразка №4

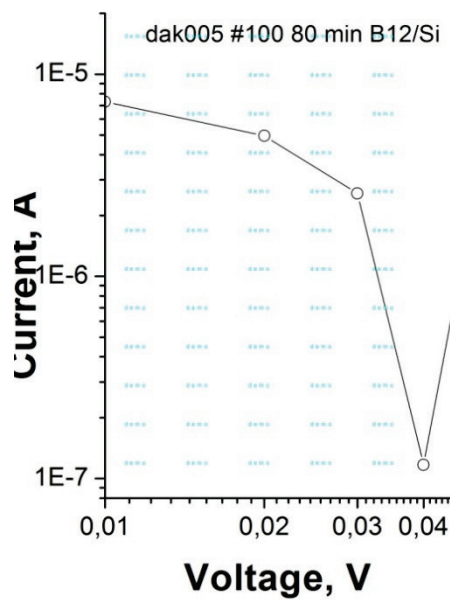


Рисунок 2.19. Фотовольтаїчна область

область

ВАХ зразка №5

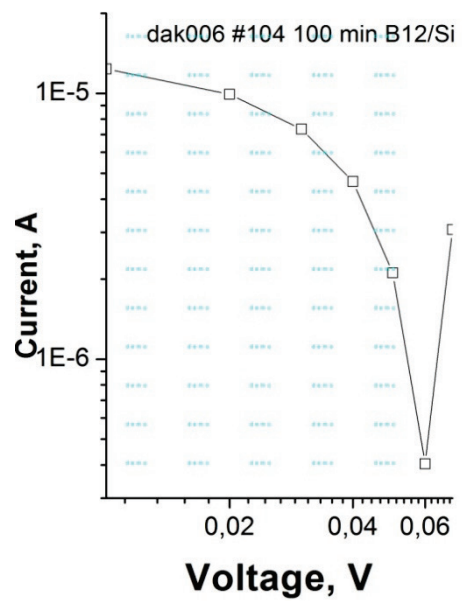


Рисунок 2.20. Фотовольтаїчна

ВАХ зразка №6

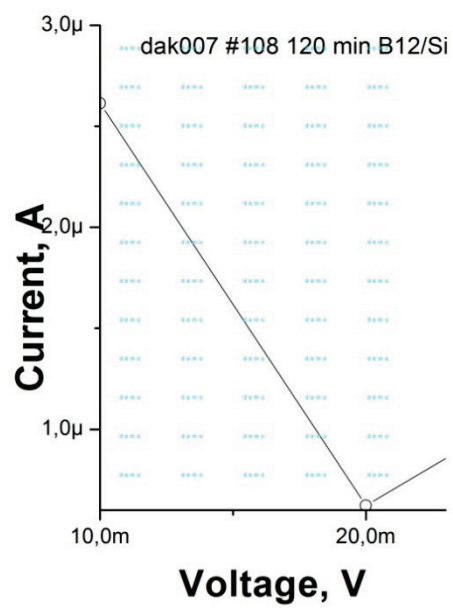


Рисунок 2.21. Фотовольтаїчна область ВАХ зразка №7

Таблиця 2.1.

Значення фотоелектричних параметрів ($I_{\text{кз}}$ та $U_{\text{хх}}$) отриманих зразків гібридів ціанокобаламін – мікропрофільований кремній.

№ зразка	Час осадження, хв.	$I_{\text{кз}}$, мкА	$U_{\text{хх}}$, мВ
1	10	4	30
2	20	2,7	20
3	40	14	60
4	60	11	60
5	80	7,5	40
6	100	13	60
7	120	2,7	20

Таким чином, важливою технологічною ознакою розробленої технології для формування органічно-неорганічних гібридів є осадження органіки в хімічній ванні при кімнатній температурі. Одночасно, оптимізація режиму протягом періоду осадження при переході механізму росту до самоорганізації. Технологія хімічного осадження проста, контрольована, екологічно чиста. За результатами можна сказати про можливість створення CoPc - кремнієвого гібриду для розповсюдження сонячних елементів.

Дослідження морфології поверхні отриманих гібридних структур CoPc - кремній показало, що оптимальним часом осадження органічного шару на поверхню мікропрофільованого кремнію можна вважати 80 хвилин. У подальших дослідженнях можна розбити інтервал від 60 хвилин до 90 хвилин з коротшими інтервалами та знайти найоптимальніший час осадження.

Fill-фактор у проведених дослідженнях виявився низьким, що може бути результатом багатьох чинників, від яких залежить ефективність СЕ.

Для наступного кроку досягнення мети необхідно: (а) вдосконалити метод підготовки мікропрофільованої поверхні кремнієвої пластини; (б) дослідити оптимальний рівень концентрації розчину; (в) поліпшити технологія контактного депонування

2.2. Вдосконалення технології виготовлення гібриду. Зразки групи В

Зважаючи на зауваження щодо групи зразків А по вдосконаленню технології виготовлення гібридів фталоціанін кобальту – кремній, першим кроком була оптимізація контактів, а саме нанесення алюмінію на зворотню сторону пластин.

Розчин готувався з 10 г фталоціаніну кобальту та 80 мл. води при кімнатній температурі. Далі, 11% розчин настоювали протягом місяця та відфільтровували.

2.2.1. Вольт – амперні характеристики

Осадження органічного матеріалу відбувалось при 28°C протягом 70, 80, 85 хв. Результати отриманих зразків можна спостерігати на рис. 2.22-2.24.

Фотовольтаїчна область спостерігається в кожному зразку. Для визначення напруги холостого ходу (U_{xx}) та струму короткого замикання ($I_{kз}$) вольт-амперні характеристики були перебудовані. Отримані результати наведені в таблиці 2.2.

Згідно отриманих значень $I_{kз}$ та U_{xx} можна сказати, що 80 хв. є оптимальним часом для осадження органічної речовини.

Тому наступним кроком було збільшення концентрації розчину.

Таблиця 2.2.

Значення фотоелектричних параметрів ($I_{\text{кз}}$ та $U_{\text{хх}}$) отриманих зразків гібридів ціанокобаламін – мікропрофільований кремній.

№ зразка	Час осадження, хв.	$I_{\text{кз}}$, мкА	$U_{\text{хх}}$, В
1	70	110	0,25
2	80	150	0,30
3	85	115	0,25

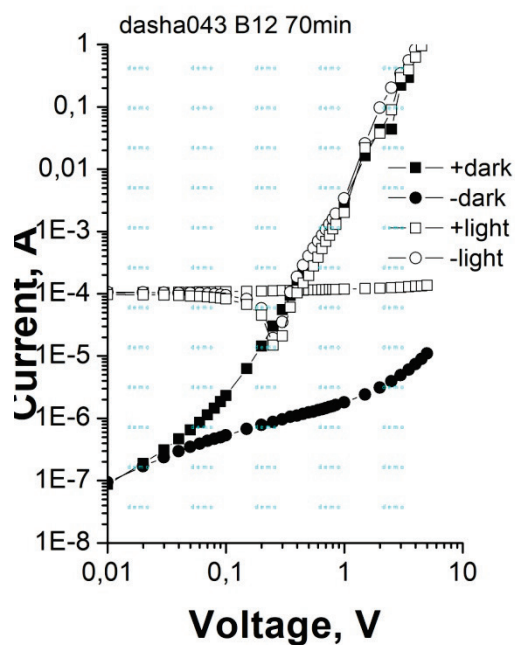


Рисунок 2.22. Світлові та темнові ВАХ зразка при 70хв. Осадження

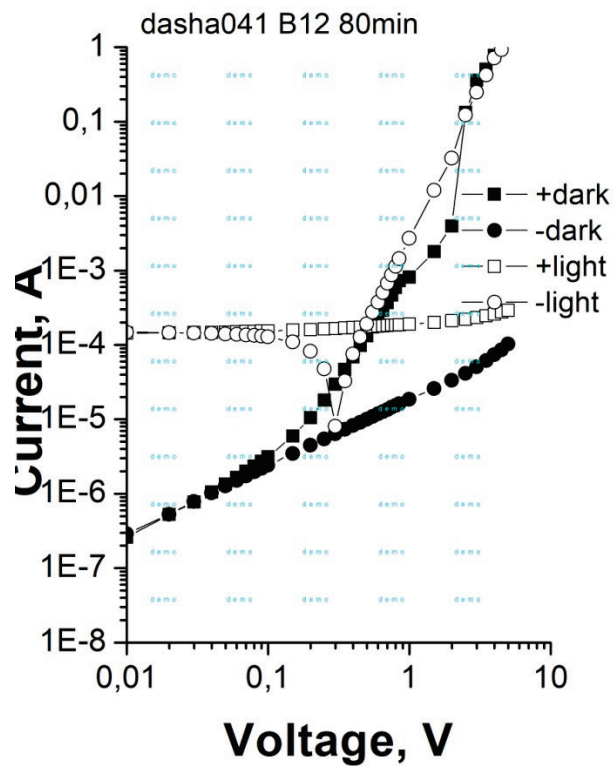


Рисунок 2.23. Світлові та темнові ВАХ зразка при 80хв. осадження

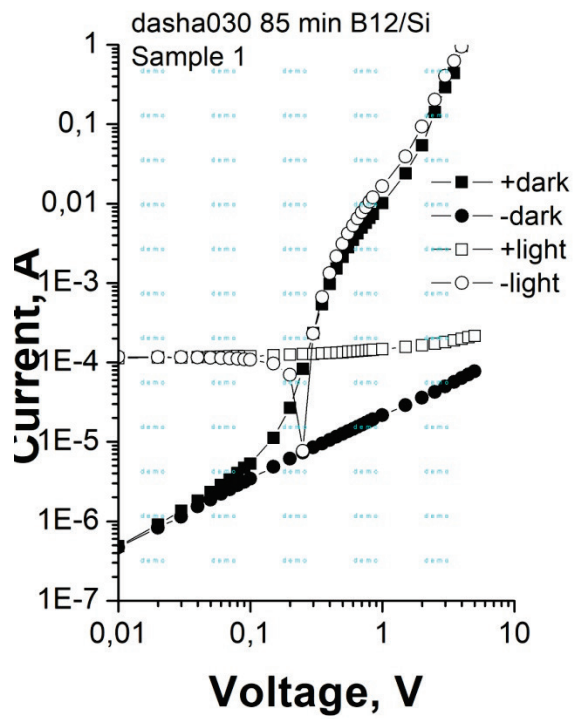


Рисунок 2.24. Світлові та темнові ВАХ зразка при 85хв. осадження

2.3. Група зразків С.

15 г фталоціаніну кобальту розчинялись в 80 мл. води при 28°C протягом 2 годин, потім залишався насичуватись 14 днів та відфільтровуватись.

Створення гібридів відбувалось при 25°C з проміжками часу 60, 70, 75, 80 хв. Для кожного проміжку використали по 2 зразки.

2.3.1. Вольт – амперні характеристики

Результати отриманих зразків можна спостерігати на рис.2.25-2.32.

Фотовольтаїчна область спостерігається в кожному зразку. Для визначення напруги холостого ходу (U_{xx}) та струму короткого замикання ($I_{kз}$) вольт-амперні характеристики були перебудовані. Отримані результати наведені в таблиці 2.3.

Таблиця 2.3.

Значення фотоелектричних параметрів ($I_{kз}$ та U_{xx}) отриманих зразків гібридів ціанокобаламін – мікропрофільований кремній.

Час осадження, хв	60		70		75		80	
№ зразка	1	2.1	2	2.2	3	2.3	4	2.4
$I_{kз}$, мкА	44	80	80	150	95	160	95	170
U_{xx} , В	0,35	0,15	0,2	0,35	0,35	0,3	0,18	0,25

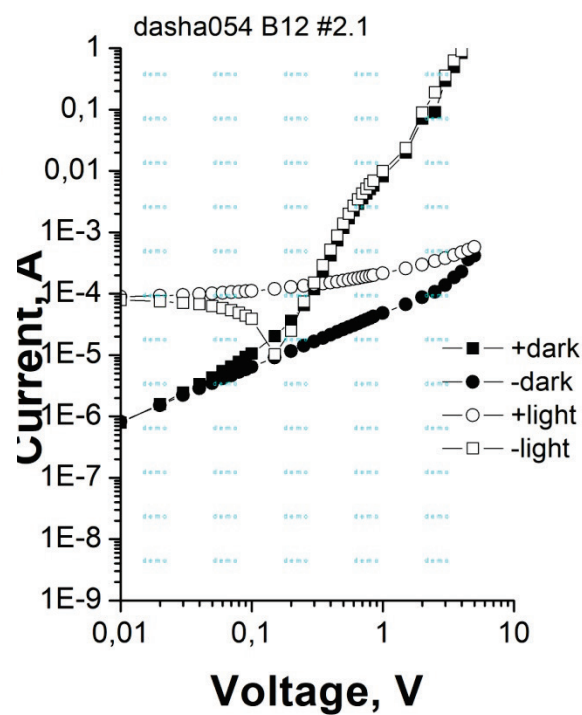
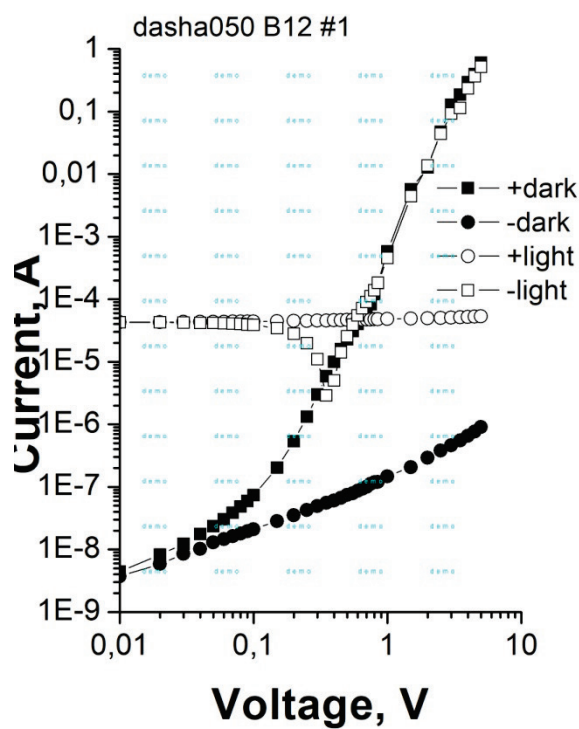


Рисунок 2.25, Рисунок 2.26 Світлові та темнові ВАХ зразків при 60хв. осадження

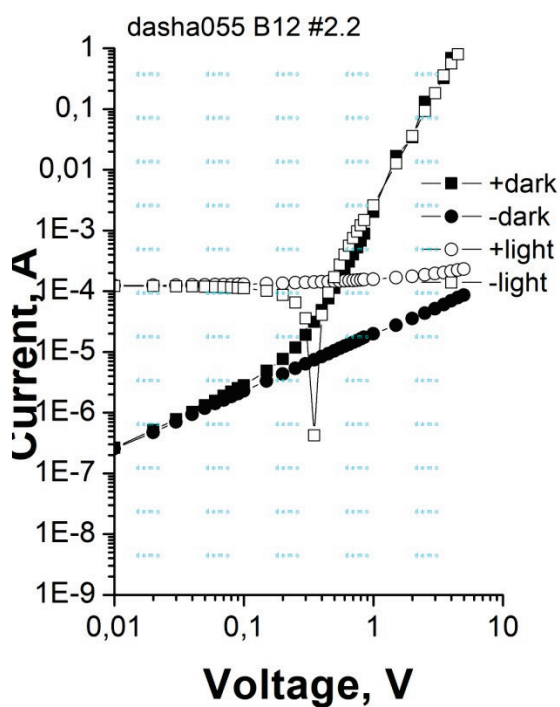
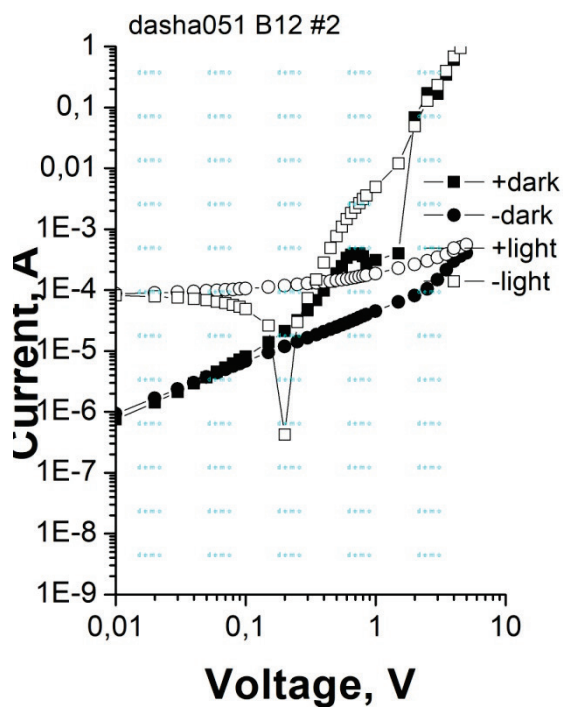


Рисунок 2.27, Рисунок 2.28 Світлові та темнові ВАХ зразків при 70хв. осадження

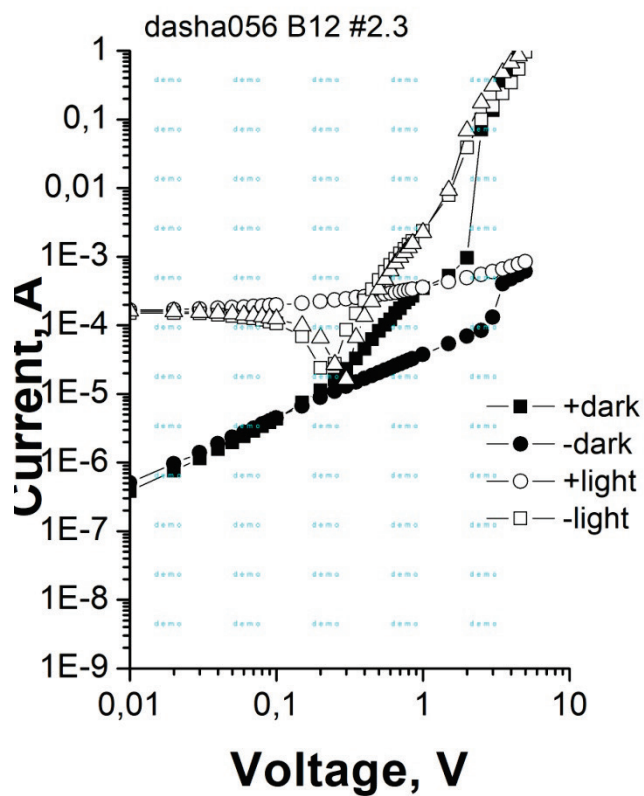
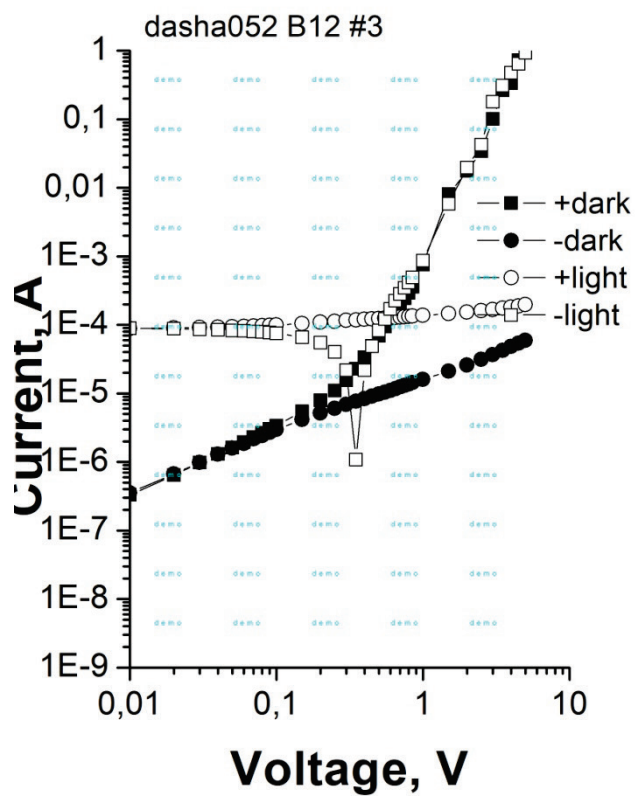


Рисунок 2.29, Рисунок 2.30 Світлові та темнові ВАХ зразків при 75хв. осадження

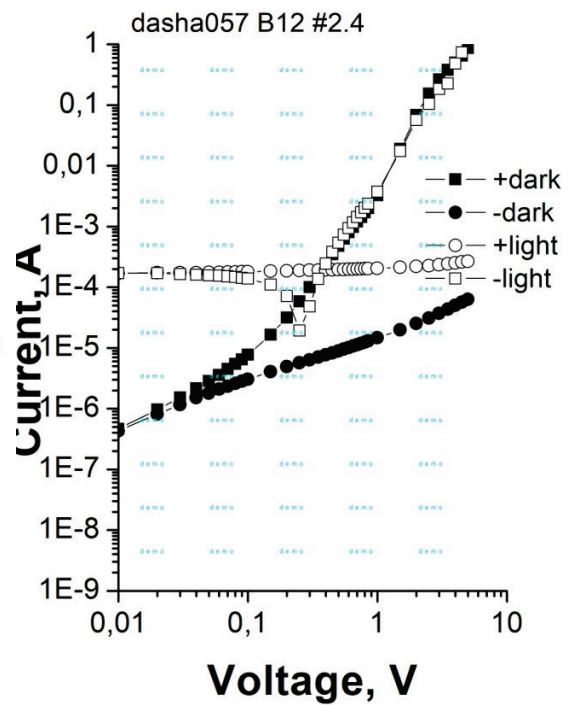
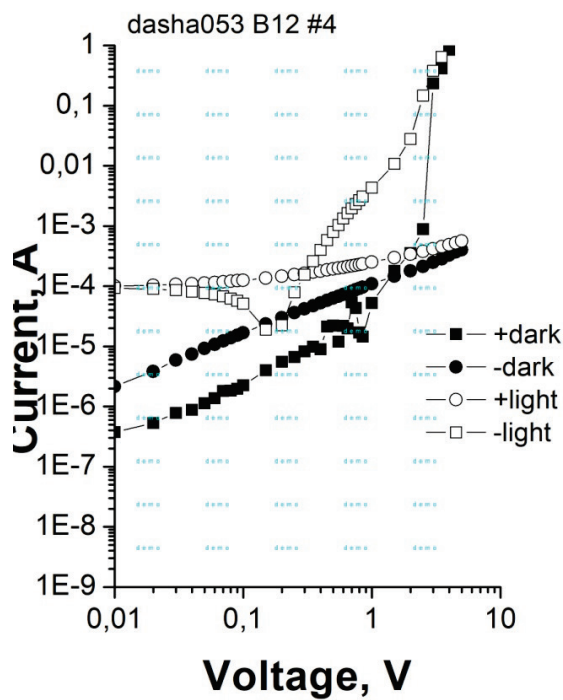


Рисунок 2.31, Рисунок 2.32 Світлові та темнові ВАХ зразків при 80хв. осадження

З рисунка видно, що різниця між зразками з однаковим часом осадження помітна і говорить лише про те, що структура виготовлених кремнієвих підкладінок є неоднорідною. Тому в подальшому треба покращувати технологію отримання мікропрофільованої поверхні кремнію.

Також, після збільшення концентрації розчину час осадження можна зменшувати до 65 хв, що можна підтвердити зображеннями ВАХ на рис.2.23, рис. 2.26 , рис.2.27. Температура 25°C виявилась оптимальною, та є тою що вважається кімнатною.

3. РОЗРОБЛЕННЯ СТАРТАП-ПРОЕКТУ

Одним з найефективніших механізмів інноваційного розвитку, швидкого впровадження результатів наукових робіт у практику та виведення їх на національні чи міжнародні ринки є стартапи. Термін з'явився наприкінці 70-х і супроводжував в основному ІТ-компанії. Проте далі цей механізм був розповсюджен і на інші сфери діяльності. Можна виділити наступні основні риси стартапів:

- інноваційна ідея у будь-якій сфері діяльності людини;
- команда, яка має спільне бачення розвитку продукту, технології чи послуги;
- бажання працювати на нову ідею;
- певний набір навичок у членів команди, як наукового, так і менеджерського характеру;
- початковий капітал.

Більшість успішних стартапів, таких як Facebook, Whatsapp, Amazon та інш. базується на ідеях, які кардинально змінили світ. Відмінними рисами стартапів від традиційних компаній вважаються наступні:

- гнучкість та прозорість у прийнятті рішень;
- відсутність бюрократії;
- система управління створюється під конкретний проект;
- наявність клімату співтворчості усіх членів команди.

Унікальність розробленої у дипломному проекті технології полягає у простоті, відсутності складного обладнання, виконання усіх технологічних операцій при кімнатній температурі, відсутності бар'єрів для масштабування технології та повна алгоритмізація усіх технологічних операцій. Така технологія здатна змінити виробництво перетворювачів сонячної енергії, проводити його у будь-кому місці без наявних природних ресурсів, включаючи «місячні поселення»

3.1. Опис ідеї проекту

Ідея створення стартапу полягає у виготовленні сонячних панелей з елементів, які виготовляються за простою технологією створення гібридів фталоціанін кобальту-кремній при кімнатній температурі. Основні напрямки застосування та вигоди для користувача представлені у таблиці 4.1.

Таблиця 4.1. Опис ідеї стартап-проекту

Зміст ідеї	Напрямки застосування	Вигоди для користувача
Використання сонячного елемента на основі гібридів фталоціанін кобальту- кремній для виготовлення сонячних панелей в промислових масштабах	1. Задоволення локальних енергетичних потреб та у промисловості	Простота виготовлення, відносно дешевий, енергоефективний, енергозберігаюча та екологічна технологія, термостабільний, можливість виготовляти елементи великої площі, відтворюваність
	2. Дослідницька робота у вищих навчальних закладах	Розробка нових гібридів та підвищення ефективності перетворення сонячної енергії в електричну

Основний акцент створення стартапу зроблено на значному спрощенні існуючих технологій, енергозберіганні та екологічності розробленої у дипломному проекті технології. Така технологія може посприяти пошуку нових пар гібридів та розвитку створенню нових гібридів з більшою ефективністю та кращими споживчими якостями для користувачів.

Співставлення ідеї стартапу з можливими конкурентами надано у таблиці 4.2.

Таблиця 4.2. Визначення сильних, слабких та нейтральних характеристик ідеї проекту.

№ п/п	Техніко-економічні характеристики ідеї	(Потенційні) товари/концепції конкурентів				W (слабка сторона)	N (нейтральна сторона)	S (сильна сторона)
		Мій проект	Конкурент1	Конкурент 2				
1	Економічні	500 у.о.	5000 у.о.	2000 у.о.			-	
2	Призначення	Виготовлення сонячних панелей (СП)	Виготовлення СП та систем	Виготовлення СП			-	
3.	Надійності	Довговічність – 15 років	Не вказана	Не вказана				+
4.	Технологічні	Енерго-ефективність	Енерго-ефективність	Енерго-ефективність			+	
5.	Ергономічні	-	-	-	-		+	
6.	Органолептичні	-	-	-	-		+	
7.	Естетичні	-	-	-	-		+	
8.	Транспортабельності	Поставляється у вигляді СП	Поставляється у вигляді СП	Поставляється у вигляді СП			+	

9.	Еколо-гічності	Еколо-гічний	Еколо-гічний	Еколо-гічний	Еколо-гічний		+	
10.	Безпеки	Безпечно	Безпечно	Безпечно	Безпечно		+	

Конкурент 1: ТОВ «Пролог Семікор»

Конкурент 2: ПАТ «Квазар»

3.2. Технологічний аудит ідеї проекту

Таблиця 4.3. Технологічна здійсненність ідеї проекту.

№ п/п	Ідея проекту	Технології реалізації	Наявність технологій	Доступність технологій
.	Виготовлення сонячних панелей на основі композиційних сонячних елементів «кремній-фталоціанін кобальту»	Композиційні фотоелементи певної форми з кремнію та фталоціаніну кобальту	Наявна	Доступно
Обрана технологія реалізації ідеї проекту: Композиційні фотоелементи певної форми з кремнію та фталоціаніну кобальту				

3.3. Аналіз ринкових можливостей запуску стартап-проекту

Таблиця 4.4. Попередня характеристика потенційного ринку стартап-проекту.

№ п/п	Показники стану ринку (найменування)	Характеристика
	Кількість головних гравців, од	2
	Загальний обсяг продаж, ум.од/рік	100 млн / рік
	Динаміка ринку (якісна оцінка)	Зростає
	Наявність обмежень для входу (вказати характер обмежень)	Розгортання великого виробництва
	Специфічні вимоги до стандартизації та сертифікації	Потребує
	Середня норма рентабельності в галузі (або по ринку), %	150%

Ринок є привабливим для входження.

Таблиця 4.5. Характеристика потенційних клієнтів стартап-проекту.

№ п/п	Потреба, що формує ринок	Цільова аудиторія (цільові сегменти ринку)	Відмінності у поведінці різних потенційних цільових груп клієнтів	Вимоги споживачів до товару
	Збільшення енергоефективності, екологічність виготовлення, високий термін експлуатації та низька собівартість	Компанії і особи, що виробляють сонячні панелі	-	Висока ефективність, низька ціна та довговічність

Таблиця 4.6. Фактори загроз.

№ п/п	Фактор	Зміст загрози	Можлива реакція компанії
1.	Наявність кваліфікованих кадрів	Продукт є потребує інженерних навичок, тому потрібні люди з певною кваліфікацією	Пошук персоналу у науково-дослідних інститутах та організаціях
2.	Потреба в ресурсах	Для створення продукту потрібне технічне забезпечення та певні умови для тестування працездатності	Укладання договорів з поставниками ресурсів та оренда приміщень для виготовлення та тестування продукту

Таблиця 4.7. Фактори можливостей.

№ п/п	Фактор	Зміст можливості	Можлива реакція компанії
1.	Конкуренція	Спонукає виробляти нові продукти, спрощувати технологію виробництва	Модернізація товару
2.	Попит	Існування стійкого попиту означає, що більшість клієнтів зацікавлені в удосконаленні технології	Модернізація товару

Таблиця 4.8. Ступеневий аналіз конкуренції на ринку.

Особливості конкурентного середовища	В чому проявляється дана характеристика	Вплив на діяльність підприємства (можливі дії компанії, щоб бути конкурентоспроможною)
1. Вказати тип конкуренції поліполія	На ринку присутня велика кількість компаній	Застосування передових технологій та залучення кваліфікованого персоналу
2. За рівнем конкурентної боротьби міжнародний	Місцезнаходження фірм не обмежується територіально;	Створювати веб-сайт компанії і відділи у різних країнах
3. За галузевою ознакою внутрішньогалузева	Економічна боротьба між різними товаровиробниками, які діють в одній галузі економіки, виробляють і реалізують однакові товари, що задовольняють одну й ту саму потребу, але мають відмінності у виробничих затратах, якості, ціні, тощо.	Слідкувати за розробками конкурентів
4. Конкуренція за видами товарів: - товарно-видова	Конкуренція між товарами одного виду	Покращувати якість товару і знижувати його вартість
5. За характером конкурентних переваг - цінова	Передбачає продаж продукції за більш низькими цінами, ніж конкуренти.	Продавати товар за низькою вартістю.
6. За інтенсивністю - немарочна	Роль торгової марки значна	Реклама товару

Таблиця 4.9. Аналіз конкуренції в галузі за М. Портером.

Складові аналізу	Прямі конкуренти в галузі	Потенційні конкуренти	Постачальники	Клієнти	Товари-замінники
	ТОВ «Пролог Семікор»	ПАТ «Квазар»	Товар продається розробниками	Вимоги до якості і довговічності	Замінників немає
Висновки:	Інтенсивність висока, конкуренти давно на ринку	Інтенсивність низька, конкуренти давно на ринку	Постачальники не диктують умови на ринку	Товар має бути якісним і довговічним	Обмежень немає

Для забезпечення конкурентної спроможності на ринку при розробці товару необхідні кваліфіковані спеціалісти, що зробить товар якіснішим ніж у конкурентів.

Таблиця 4.10. Обґрунтування факторів конкурентоспроможності.

№ п/п	Фактор конкурентоспроможності	Обґрунтування (наведення чинників, що роблять фактор для порівняння конкурентних проектів значущим)
1.	Ступінь покращення характеристик сонячного елемента	Конкуренти не мають даного фактору, що має досить велике значення для сонячного елемента
2.	Якість розробки з точки зору показників якості та довговічності	Сонячний елемент має бути термостійким, мати високу енергоефективність та низьку ціну
3.	Наявність наукових ресурсів	Для покращення якості продукції та технологічного шляху потрібні наукові ресурси
4.	Економічний (ціна товару)	Ціна не має бути висока, щоб знайти потенційних покупців.

Таблиця 4.11. Порівняльний аналіз сильних та слабких сторін проекту.

№ п/п	Фактор конкурентоспроможності	Бали 1- 20	Рейтинг товарів- конкурентів у порівнянні з “ЗМ”						
			-3	-2	-1	0	1	2	3
1.	Ступінь покращення характеристик ФЕП.	20							
2.	Якість розробки з точки зору показників якості та довговічності	16							
3.	Наявність наукових ресурсів	13							
4.	Економічний (ціна товару)	16							

Таблиця 4.13. Альтернативи ринкового впровадження стартап-проекту.

№ п/п	Альтернатива (орієнтовний комплекс заходів) ринкової поведінки	Ймовірність отримання ресурсів	Строки реалізації
1.	Пошук наукових ресурсів, налагодження технології виробництва.	60 %	4 роки
2.	Пошук наукових ресурсів, налагодження технології виробництва.	50%	5 роки

Обрано альтернативу № 1.

3.4. Розроблення ринкової стратегії проекту

Таблиця 4.14. Вибір цільових груп потенційних споживачів.

№ п/п	Опис профілю цільової групи потенційних клієнтів	Готовність споживачів сприйняти продукт	Орієнтовний попит в межах цільової групи (сегменту)	Інтенсивність конкуренції в сегменті	Простота входу у сегмент
1.	Приватні підприємства, Вищі наукові заклади	Готові	Високий	Висока	Складна
Які цільові групи обрано: обрано цільову групу №1.					

Таблиця 4.15. Визначення базової стратегії розвитку.

№ п/п	Обрана альтернати-ва розвитку проекту	Стратегія охоплення ринку	Ключові конкурентоспроможні позиції відповідно до обраної альтернативи	Базова стратегія розвитку
1.	1	За рахунок великих можливостей по об'ємах збуту товарів (укладених контрактів на постачання) і продуктивності, підприємство доб'ється менших витрат	Витрати на виробництво та рекламу товару	Стратегія лідерства на характеристиках і якостях сонячного елементу

Обрано стратегію лідерства на характеристиках.

Таблиця 4.16. Визначення базової стратегії конкурентної поведінки.

№ п/п	Чи є проект «першопрохідцем» на ринку?	Чи буде компанія шукати нових споживачів, або забирати існуючих у конкурентів?	Чи буде компанія копіювати основні характеристики товару конкурента, і які?	Стратегія конкурентної поведінки
1.	Ні	Так	Так, показники якості	Виклику лідера

Таблиця 4.17. Визначення стратегії позиціонування.

№ п/п	Вимоги до товару цільової аудиторії	Базова стратегія розвитку	Ключові конкурентоспро- можні позиції власного стартап- проекту	Вибір асоціацій, які мають сформувати комплексну позицію власного проекту (три ключових)
1.	Висока енергоефект ивність, економічніс ть	Лідерство на характери стиках	Ступінь покращення характеристик сонячного елементу	Оптимальне співвідношення ціна/якість

3.5. Розроблення маркетингової програми стартап-проекту

Таблиця 4.18. Визначення ключових переваг концепції потенційного товару.

№ п/п	Потреба	Вигода, яку пропонує товар	Ключові переваги перед конкурентами (існуючі або такі, що потрібно створити)
1.	Покращення енергоефективності сонячного елемента	Збільшення перетворення сонячної енергії в електроенергію	Збільшення енергоефективності та довговічності

Таблиця 4.19. Опис трьох рівнів моделі товару.

Рівні товару	Сутність та складові
I. Товар за задумом	Композиційний сонячний елемент на основі кремній-фталоціанін кобальту для виготовлення сонячних панелей
II. Товар у реальному виконанні	Властивості/характеристики
	1. Підвищення енергоефективності 2. Ціна 500 у.о. 3. Мінімальна ціна 4. Довговічність.
	Якість: довговічність 10 років,
	Пакування: Сонячні елементи
	Марка: "Si-PsCo & Co"
III. Товар із підкріпленням	До продажу: гарантія.
	Після продажу: доставка
За рахунок чого потенційний товар буде захищено від копіювання: патент	

Таблиця 4.20. Визначення меж встановлення ціни.

№ п/п	Рівень цін на товари- замінники	Рівень цін на товари- аналоги	Рівень доходів цільової групи споживачів	Верхня та нижня межі встановлення ціни на товар/послугу
	-	3000-15000 у.о.	40000 у.о. і вище	400 – 600 у.о./м ²

Таблиця 4.21. Формування системи збуту.

№ п/п	Специфіка закупівельної поведінки цільових клієнтів	Функції збуту, які має виконувати постачальник товару	Глибина каналу збуту	Оптимальна система збуту
	Заказ товару на сайті	Встановлення контакту, інформування, поділ, зберігання, сортування	Канал нульового рівня	Виробник збуває продукцію покупцям

Таблиця 4.22. Концепція маркетингових комунікацій.

п\п	
Специфіка поведінки цільових клієнтів	Застосування сонячних елементів для виготовлення сонячних панелей
Канали комунікацій, якими користуються цільові клієнти	Прямі - канал комунікації, коли інформація передається безпосередньо від інформатора до інформованої особи
Ключові позиції, обрані для позиціонування	Збільшення енергоефективності
Завдання рекламного повідомлення	Поширення знань про підприємство і характеристики товару серед можливих клієнтів.

Концепція рекламного звернення	Звернення засноване на відмінностях між рекламованим товаром і тим, що пропонують конкуренти. Звернення ґрунтується на тому чи іншому мотиваційному підході, покликаному впливати на споживчі переваги покупців.
--------------------------------	--

Висновки

Ринок сонячних елементів (СЕ) для сонячних панелей розвивається швидко, що підвищує шанси залучити до виробництва сонячних панелей (СП) інвесторів. Ринкова комерціалізація виготовлення СП висока, проте існує велика кількість конкурентів. Шанси на успіх високі завдяки наявності конкурентних переваг у параметрах та характеристиках виготовлених СП.

ВИСНОВКИ

Дипломна робота присвячена удосконаленню технології отримання перетворювачів сонячної енергії на основі гібридів фталоціанін кобальту – мікропрофільований кремній та аналізу вольт-амперних характеристик отриманих перетворювачів сонячної енергії. Розглянуто шляхи розвитку органічних сонячних елементів, основні їх види і як результат цього аналізу було обрано енергозберігаючу технологію виготовлення органічно-неорганічних гібридів, яка полягає у хімічному осадженні шару фталоціаніну кобальту у ванні з водного розчину при кімнатній температурі на мікропрофільовану кремнієву підкладку.

Проведено повний цикл створення гідриду фталоціанін кобальту – мікропрофільований кремній, який складається з підготовки кремнієвої підкладки, осадження шару органічного матеріалу, нанесення контактів та характеристики на основі вимірювання вольт-амперних характеристик. Підтверджено можливість комбінації таких шарів з Si мікропрофільованою підкладкою для створення перетворювачів сонячної енергії.

Важливою технологічною особливістю розробленої технології формування гібридів є осадження з хімічної ванни при кімнатній температурі з оптимізацією режиму по терміну осадження для реалізації ефектів самоорганізації.

Досліджено вплив часу осадження органічного шару на вольт-амперні характеристики та морфологію поверхні гідриду фталоціанін кобальту – мікропрофільований кремній *n*-типу. В результаті отримано оптимальний діапазон часу осадження органічного шару з точки зору фотоелектричних параметрів отриманих гібридів. Широкий діапазон на основі аналізу фотоелектричних параметрів може бути визначений від 40 хв до 100 хв., у той же час на основі аналізу морфології поверхні більш вузький діапазон знаходиться у межах 60-80 хвилин.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ ТА ЛІТЕРАТУРИ

1. С. Зи, Физика полупроводниковых приборов, в 2-х книгах: М.Мир, 1984 – 390с
2. Martínez-Díaz, M. V., de la Torre, G. & Torres, T. Lighting porphyrins and phthalocyanines for molecular photovoltaics. *Chem. Commun.* 46, 7090–7108 (2010).
3. de la Torre, G., Claessens, G. C. & Torres, T. Phthalocyanines: old dyes, new materials. Putting color in nanotechnology. *Chem. Commun.* 20, 2000–2015 (2007).
4. Ragoussi, M.-E. & Torres, T. Modern synthetic tools toward the preparation of sophisticated phthalocyanine-based photoactive systems. *Chem. Asian J.* 9, 2676–2707 (2014).
5. Robertson, N. Catching the rainbow: light harvesting in dye-sensitized solar cells. *Angew. Chem. Int. Ed.* 47, 1012–1014 (2008).
6. Lee, C.-P. et al. Recent progress in organic sensitizers for dye-sensitized solar cells. *RSC Adv.* 5, 23810–23825 (2015).
7. Hagfeldt, A., Boschloo, G., Sun, L., Kloo, L. & Pettersson, H. Dye-sensitized solar cells. *Chem. Rev.* 110, 6595–6663 (2010).
8. D. Boudinet, M. Benwadih, Y. Qi, A. Kahn, G. Horowitz. *Organic Electron.*, 11 (2), 227 (2010).
9. L. Grzadziel, M. Krzywiecki, H. Peisert, T. Chasse, J. Szuber. *Thin Sol. Films*, 519 (7), 2187 (2011).
10. A.S. Konev, A.F. Khlebnikov, H. Frauendorf. *J. Org. Chem.*, 76 (15), 6218 (2011).
11. А.В. Зимин, Ю.А. Полевая, Т.А. Юре, С.М. Рамш, М.М. Мездрогина, Н.К. Полетаев. *ФТП*, 44 (8), 1104 (2010).
13. H. Spanggaard, F.C. Krebs. *Sol. Energy Mater. Solar Cells*, 83, 125 (2004).
14. P.S. Smertenko, V.P. Kostylev, V.V. Kislyuk, A.F. Syngaevsky, S.A. Zynio, O.P. Dimitriev. *Sol. Energy Mater. Solar Cells*, 92 (8), 976 (2008).

15. A.C. Комолов. ПЖТФ, 32 (12), 34 (2006).
16. T. Graber, F. Forster, A. Schoell, F. Reinert. Surf. Sci., 605, 878 (2011).
17. A.S. Komolov, P.J. Møller, E.F. Lazneva. J. Electron Spectroscopy Relat. Phenomena, 131–132, 67 (2003).
18. J. Ren, Sh. Meng, Y.-L. Wang, X.-C. Ma, Q.-K. Xue, E. Kaxiras. J. Chem. Phys., 134, 194 706 (2011).
19. S.A. Komolov, P.J. Møller, J. Mortensen, E.F. Lazneva. Appl. Surf. Sci., 253, 7376 (2007). [13] F. Babudri, G.M. Farinola, F. Naso, R. Ragni. Chem. Commun., 10, 1003 (2007).
20. H. Peisert, M. Knupfer, F. Zhang, A. Petr, L. Dunsch, J. Fink. Surf. Sci., 566–556, 554 (2004).
21. K. Demircan, A. Mathew, C. Weiland, A.M. Rawlett, J.M. Tour. J. Chem. Phys., 128, 074 705 (2008).
22. С.А. Пшеничнюк, А.В. Кухто, И.Н. Кухто, А.С. Комолов. ЖТФ, 81 (6), 8 (2011).
23. И.А. Белогорохов, М.Н. Мартышов, Д.А. Мамичев, М.А. Дронов, В.Е. Пушкарев, Ю.В. Рябчиков, П.А. Форш, Л.Г. Томилова, Д.Р. Хохлов. ФТП. 44 (6), 795 (2010).
24. A. Ahmed, R.A. Collins, Phys. Status Solidi (A) 123 (1991) 201.
25. H.S. Soliman, M.M. El-El-Nahass, A.A.M. Farag, A.A. El-Shazly, Eur. Phys. J., Appl. Phys. 21 (2003) 187. [26] A.S. Riad, Thin Solid Films 370 (2000) 253.
27. B. Remaki, G. Guillaud, D. Mayes, Opt. Mater. 9 (1998) 240.
28. M.M. El-Nahass, Z. El-Gohary, H.S. Soliman, Opt. Laser Technol. 35 (2003) 523.
29. S. Ambily, C. Menon, Sol. State Commun. 94 (1995) 485.
30. R.A. Collins, K.A. Mohammed, J. Phys. D Appl. Phys. 21 (1995) 154.
31. D. Gu, Q. Chen, J. Shu, X. Tang, F. Gan, S. Shen, Thin Solid Films 257 (1995) 88.
32. F. Fan, L.R. Faulkner, J. Chem. Phys. 69 (1978) 3334.
33. A.M. Hor, R.O. Loutfy, Thin Solid Films 106 (1983) 291.
34. H. Lee, T. Kawai, J. Appl. Phys. 80 (1996) 3601.

35. P. Peumans, A. Yakimov, S.R. Forrest, J. Appl. Phys. 93 (2003) 3693
36. S. Antohe, N. Tomozeiu, S. Gogonea, Phys. Status Solidi (A) 125 (1991) 397
37. H. Yanagi, H. Kataura, Y. Ueda, J. Appl. Phys. 75 (1994) 568
38. A.S. Riad, Thin Solid Films 370 (2000) 253
39. C.N. Van, K.P. Kamloth, Thin Solid Films 392 (2001) 113
40. W. Hu, M. Matsumura, J. Phys., D Appl. Phys. 37 (2004) 143
41. S. Darwish, I.K. El-Zawawi, A.S. Riad, Thin Solid Films 485 (2005) 182.